УДК 622.24.053.6

ВЛИЯНИЕ ДЕЙСТВУЮЩИХ УСИЛИЙ НА КАЧЕСТВО ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

THE INFLUENCE OF THE ACTING FORCES ON THE QUALITY OF THE CYLINDRICAL PARTS

©Асланов З. Ю.
канд. техн. наук
Азербайджанский государственный экономический университет
г. Баку, Азербайджан
aslanov.zabit@mail.ru
©Aslanov Z.
PhD
Azerbaijan State University of Economics
Baku, Azerbaijan
aslanov.zabit@mail.ru
©Эфендиев Э. М.
канд. техн. наук
Азербайджанский государственный экономический университет
г. Баку, Азербайджан
ertef4@gmail.com
©Efendiyev E.
PhD
Azerbaijan State University of Economics
Baku, Azerbaijan
ertef4@gmail.com

Аннотация. В работе рассмотрены факторы, влияющие на качество цилиндрической тонкостенной детали в процессе эксплуатации. Наиболее существенными факторами являются усилия, действующие на деталь в процессе ее захвата в зажимном механизме.

При расчете и конструировании зажимных устройств для зажима цилиндрических тонкостенных деталей следует учитывать напряжения, возникающие от смещения оси шейки трубы в месте захвата ее зажимными элементами.

Abstract. This paper presents the factors affecting the quality of cylindrical thin–walled parts during operation. The most important factors are the forces acting on the workpiece during its capture in the clamping mechanism.

The calculation and design of the clamping device for clamping the cylindrical thin–walled parts should take into account the stresses arising from the displacement of the tube's neck axis at the point of capture its clamping elements.

Ключевые слова: цилиндрическая деталь, зажимное устройство, качество, усилие, напряжение, деформация.

Keywords: cylindrical parts, clamping device, quality, effort, stress, deformation.

Тонкостенные цилиндрические детали находят широкое применение в машиностроительном производстве. Подверженность таких деталей упругим и пластическим деформациям предъявляет к ним повышенные требования. Такие детали испытывают большие нагрузки, как при действии усилий зажимных устройств, так и при действии осевых растягивающих сил.

В процессе зажима цилиндрических тонкостенных деталей в зажимных устройствах металлорежущих станков возникают упругие деформации, которые вызывают погрешность формы детали. В нефтяной промышленности при удержании бурильной колонны в клиновых захватах в процессе спускоподъемных операций на отдельных участках бурильной трубы напряжения превышают предел текучести. Это приводит к пластическим деформациям. Поэтому исследования напряжений и деформаций при зажиме цилиндрических тонкостенных деталей в зажимных механизмах различных устройств имеют большое практическое значение для повышения качества этих деталей.

В последнее время большое внимание уделяется организационным мероприятиям по повышению качества машиностроительной продукции, в частности, внедрению систем менеджмента качества на базе стандартов ISO серии 9000. Однако не утратили свою значимость технологические методы обеспечения качества [1–2].

В настоящей работе рассмотрены факторы, влияющие на качество цилиндрической тонкостенной детали в процессе эксплуатации. Наиболее существенными факторами являются усилия, действующие на деталь в процессе ее захвата в зажимном механизме.

Проведенные эксперименты по действию нагрузок при зажиме детали имеют целью установление влияния на напряжения и деформации цилиндрических тонкостенных деталей таких факторов, как: угол охвата зажимного элемента, длина соприкосновения его с деталью, распределение нагрузки по зубьям зажимного элемента.

Для исследования напряжений и деформаций, возникающих при зажиме цилиндрической тонкостенной детали, был применен метод тензометрирования. С этой целью была подготовлена внутренняя поверхность цилиндрической детали, которая служит измерителем деформаций. Осуществлена точная наклейка большого числа тензодатчиков по специальной схеме. Создано специальное зажимное устройство. Измеряли показания тензодатчиков при нагружении детали автоматическим измерителем деформаций типа АИД-2М.

На экспериментальной установке к испытуемой детали прикладывалось радиальное усилие зажима 4Q до 700 т и осевое растягивающее до 120 т (Рисунок 1).

Обрабатывали результаты по формулам:

$$\sigma_x = \frac{E}{1-\mu^2}(\varepsilon_x + \varepsilon_y \mu), \qquad (1)$$

$$\sigma_y = \frac{E}{1-\mu^2}(\varepsilon_y + \varepsilon_x \mu), \qquad (2)$$

где:

ε_x — относительная деформация горизонтально наклеенных датчиков;

ε_y — относительная деформация вертикально наклеенных датчиков;

E — модуль продольной упругости;

μ — коэффициент Пуансона.

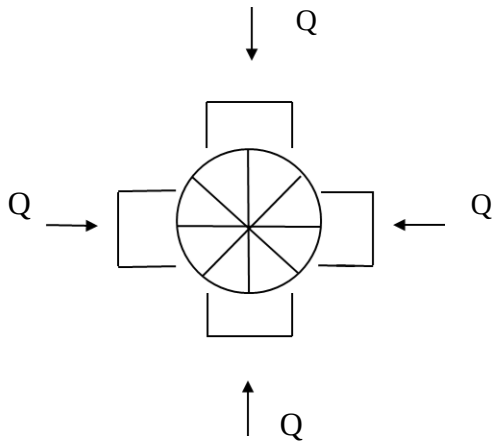

Рисунок 1.

В качестве практического примера исследованы деформации и напряжения бурильной трубы, удерживаемой в клиновом захвате в процессе спускоподъемных операций на буровой. Это необходимо для разработки рекомендаций по уменьшению повреждений труб [3–4].

Проведенные экспериментальные исследования выявили характер напряжений и деформаций, позволивший уточнить расчетную схему действия нагрузки, раскрыть механизм образования утонченной шейки на бурильной трубе в месте захвата клиньями. Было показано, что на величины максимальных деформаций и напряжений оказывают влияние погрешности формы и отклонения от номинальных размеров самой трубы. Такие погрешности возникают не только в процессе эксплуатации, но и имеются у новых труб. Так, из проведенных ранее замеров следует, что овальность новых труб диаметром 140 мм доходит до 2,1...2,3 мм.

Для анализа напряженного состояния бурильной трубы необходимо определить реальную картину ее деформации при зажиме в клиновом захвате. На трубно–инструментальной базе Сангачальского терминала были отобраны из числа отбракованных 12 труб с номинальным диаметром 140 мм. Эти трубы имели явно выраженную шейку (до диаметра 134 мм*)* на длине ~1500 мм, образовавшуюся в результате многократного зажима в клиновом захвате.

Патрубки, содержащие деформированный участок, поочередно устанавливали на токарно–винторезном станке, закрепляли в патроне и люнете, после чего производили замеры с помощью индикатора. Индикатор, установленный в резцедержателе, перемещался вместе с суппортом вдоль оси патрубка, которому сообщалось вращение вокруг оси. Результаты замеров позволили воспроизвести действительный профиль трубы на участке действия клиньев (Рисунок 2).

Анализ результатов замеров показал, что наряду со смятием трубы на этом участке происходит и смещение ее оси. В связи с этим было исследовано напряженное состояние участка трубы, имеющего смещение l (Рисунок 3, *а)*.

Расчеты проведены для случая, когда имеют место следующие факторы:
осевое растягивающее усилие P=1000 кгс;
наружный диаметр трубы $d_н$=140 мм;
внутренний диаметр трубы $d_в$=120 мм и смещение оси трубы l=1...20 мм.

Рассчитано увеличение напряжений от смещения оси трубы.

При этом суммарное напряжение:

$$\sigma_{\Sigma} = \sigma_p + \sigma_x = \frac{P}{F}(1 + \frac{l}{i^2} I), \qquad (3)$$

где: σ_p — растягивающее напряжение от осевого растягивающего усилия;

σ_x — напряжение от смещения оси;

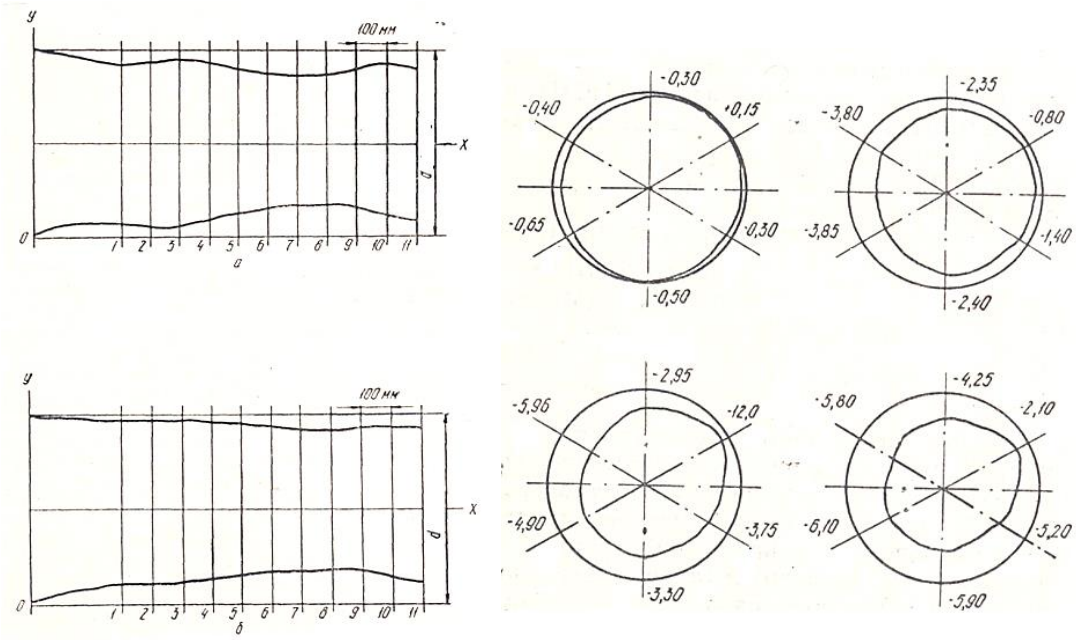

Рисунок 2.

$$i = \sqrt{\frac{I}{F}} \quad \text{— радиус инерции;} \qquad (4)$$

$$I = \frac{\pi D^4}{64}(1 - \alpha^4) \quad \text{— момент инерции.}$$

При $\alpha = \frac{d}{D}$

$$I = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} \qquad (5)$$

$$F = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) \quad \text{— площадь сечения трубы} \qquad (6)$$

Подставляя выражения (4), (5), (6), получим:

$$i = \sqrt{\frac{D^2 + d^2}{16}} \qquad (7)$$

Затем с учетом значений i, I, F получим окончательно:

$$\sigma_{\Sigma} = \frac{4P}{\pi(D^2 - d^2)}(1 + \frac{16l}{D^2 + d^2} d) \qquad (8)$$

Рассчитав значения σ_Σ при усилии 1 тс и различных значениях смещения оси от исходного положения, строим график зависимости σ_Σ от l.

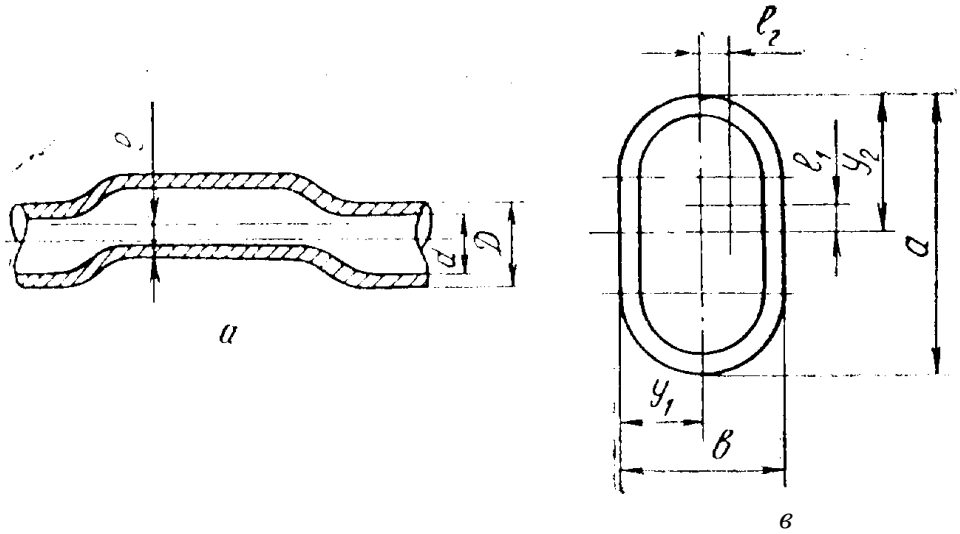

Рисунок 3.

Расчет напряжения от действия веса колонны показали, что смещение оси на 1 мм дает приращение напряжения 1,4 кгс/см^2 на каждую 1 тонну веса колонны труб.

Таким образом, для колонны труб группы прочности Е весом 100 т смещение оси на 5 мм вызывает приращение напряжения на 700 кгс/см^2, т. е. 12% допустимого напряжения ($\sigma_т$=5500 кгс/см^2).

В случае, когда поперечное сечение трубы имеет форму эллипса (рис. 3, *в*) приращение напряжения при P=100 т и l=5 мм составит 3750 кгс/см^2.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Определено влияние смещения оси трубы на увеличение суммарного напряжения в ней при зажиме в клиновом захвате, что дает возможность установить допустимую величину смещения оси трубы в зависимости от веса бурильной колонны.

2. При расчете и конструировании зажимных устройств для зажима цилиндрических тонкостенных деталей следует учитывать напряжения, возникающие от смещения оси шейки трубы в месте захвата ее зажимными элементами.

3. С целью уменьшения величины эксцентриситета необходимо выявить и устранить причины, вызывающие смещение оси трубы при ее закреплении в клиновом захвате.

Список литературы:

1. Efendiyev E., Allahverdiyev R. ISO 9000 oils the wheels of petroleum engineering in Azerbaijan. ISO Management Systems, 2002, no. 3, pp. 49–53.

2. Асланов З. Ю., Эфендиев Э. М. Опыт стратификации в управлении качеством машиностроительной продукции // Международная конференция “Science, technology and life” (Чехия, Карловы Вары, декабрь 2014 г.): труды. Карловы Вары, 2014. С. 128–136.

3. Эфендиев Э. М., Лопатухин И. М. Влияние смещения оси бурильной трубы на ее напряженное состояние при зажиме в клиновом захвате // Машины и нефтяное оборудование. 1980. №12. С. 7–10.

4. Асланов З. Ю. Некоторые вопросы управления качеством машиностроительной продукции в Азербайджане // X-я Международная научная конференция «Актуальные вопросы современной технологии»: тез. докл. Липецк, 2013. С. 180–182.

References:

1. Efendiyev E., Allahverdiyev R. ISO 9000 oils the wheels of petroleum engineering in Azerbaijan. ISO Management Systems, 2002, no. 3, pp. 49–53.

2. Aslanov Z. Yu., Efendiyev E. M. Opyt stratifikatsii v upravlenii kachestvom mashinostroitel'noi produktsii [Experience stratification in the management of quality engineering products]. International Conference “Science, technology and life” (Czech Republic, Karlovy Vary, December 2014): works. Karlovy Vary, 2014, pp. 128–136.

3. Efendiyev E. M., Lopatukhin I. M. Vliyanie smeshcheniya osi buril'noi truby na ee napryazhennoe sostoyanie pri zazhime v klinovom zakhvate [Impact drill pipe axis shift at its state of stress at the clamp in the slips]. Mashiny i neftyanoe oborudovanie, 1980, no. 12, pp. 7–10.

4. Aslanov Z. Yu. Nekotorye voprosy upravleniya kachestvom mashinostroitel'noi produktsii v Azerbaidzhane [Some questions of control engineering products quality in Azerbaijan]. X-ya Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya “Aktual'nye voprosy sovremennoi tekhnologii” [X-th International Scientific Conference “Actual problems of modern technology”]: theses of reports. Lipetsk, 2013, pp. 180–182.

Работа поступила в редакцию
09.02.2016 г.

Принята к публикации
16.02.2016 г.